

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-211217

(43)Date of publication of application : 20.08.1996

(51)Int.Cl. G02B 5/18

G02B 5/30

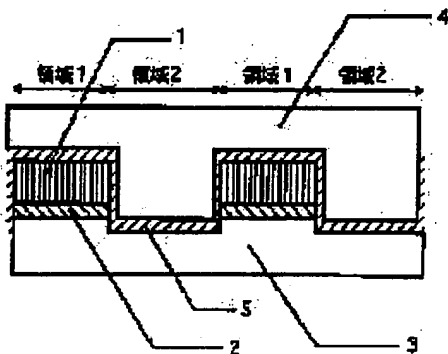
(21)Application number : 07-014853 (71)Applicant : TDK CORP
(22)Date of filing : 01.02.1995 (72)Inventor : IWATSUKA SHINJI

(54) DIFFRACTION GRATING TYPE POLARIZER AND ITS PRODUCTION

(57)Abstract:

PURPOSE: To facilitate the production management and design of a diffraction grating type polarizer and to improve the stability of its performance in terms of the lapse of time.

CONSTITUTION: This diffraction grating type polarizer consists of first regions where first optical elements 3, double refraction materials 1 and second optical elements 4 are joined in this order through adhesive layers and second regions where the first optical elements 3 and the second optical elements 4 are joined through adhesive layers. The refractive index $nE1$ of the first optical elements 3 constituting the first and second regions, the refractive index $nE2$ of the



second optical elements 4, the refractive indices n_{B1} , n_{B2} for the two intrinsic linearly polarized light of the double refraction materials 1 and the thickness dB of the double refraction materials 1 nearly satisfy $(n_{B2} \cdot n_{E2})dB = (M + 1/2)\lambda$ (where M is an arbitrary number, λ is the wavelength of light) and $n_{B1} = n_{E1} = n_{E2}$.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-211217

(43)公開日 平成8年(1996)8月20日

(51)Int.Cl.⁶

G 0 2 B 5/18

5/30

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 6 頁)

(21)出願番号 特願平7-14853

(22)出願日 平成7年(1995)2月1日

(71)出願人 000003067

ティーディーケー株式会社

東京都中央区日本橋1丁目13番1号

(72)発明者 岩塚 信治

東京都中央区日本橋一丁目13番1号ティー

ディーケー株式会社内

(54)【発明の名称】 回折格子型偏光子及びその製造方法

(57)【要約】

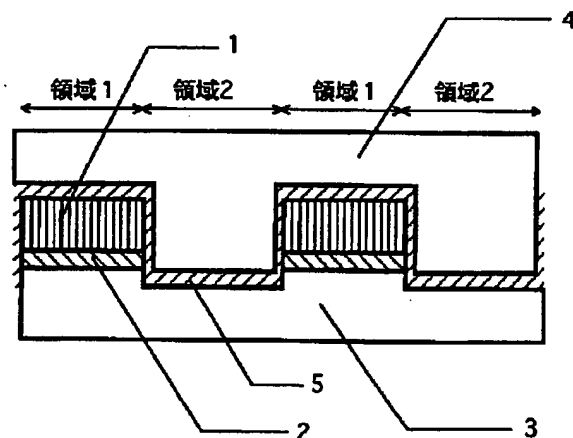
【目的】 回折格子型偏光子の製造管理及び設計を容易とすると共に、その経時的な性能の安定性を向上させる。

【構成】 第1の光学素子、複屈折材料、第2の光学素子とがこの順で接着層を介して接合されている第1の領域と、第1の光学素子、第2の光学素子とが接着層を介して接合されている第2の領域とからなり、且つ前記第1の領域、第2の領域を構成する第1の光学素子の屈折率 n_{11} 、第2の光学素子の屈折率 n_{12} 、複屈折材料の2つの固有の直線偏光に対する屈折率 n_{21} 、 n_{22} 、及び複屈折材料の厚さ d_2 が、

$(n_{22} - n_{21}) d_2 = (M + 1/2) \lambda$ (ここにMは任意の整数、 λ は光の波長)

及び $n_{11} = n_{21} = n_{22}$

をほぼ満足する回折格子型偏光子。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 第 1 の光学素子、複屈折材料、第 2 の光学素子とがこの順で接着層を介して接合されている第 1 の領域と、第 1 の光学素子、第 2 の光学素子とが接着層を介して接合されている第 2 の領域とからなり、且つ前記第 1 の領域、第 2 の領域を構成する第 1 の光学素子の屈折率 n_{11} 、第 2 の光学素子の屈折率 n_{12} 、複屈折材料の 2 つの固有の直線偏光に対する屈折率 n_{11} 、 n_{12} 、及び複屈折材料の厚さ d_1 が、

$(n_{12} - n_{11}) d_1 = (M + 1/2) \lambda$ (ここに M は任意の整数、 λ は光の波長)

及び

$$n_{11} = n_{12} = n_{13}$$

をほぼ満足すること特徴とする回折格子型偏光子。

【請求項 2】 請求項 1 記載の回折格子型偏光子に於いて第 1 の光学素子及び第 2 の光学素子の双方が同一材質の光学ガラスであり且つ複屈折材料が水晶であることを特徴とする請求項 1 記載の回折格子型偏光子。

【請求項 3】 2 つの固有の直線偏光に対する屈折率 n_{11} 、 n_{12} を有する複屈折材料と、 n_{11} とほぼ同一の屈折率 n_{11} を有する第 1 の光学素子を、第 1 の接着剤を介して接合する工程と、前記接合前もしくは接合後に屈折率 n_{12} を有する前記複屈折材料と、 n_{11} とほぼ同一の屈折率 n_{12} を有する第 2 の光学素子に於いて、複屈折材料の厚さ d_1 が

$(n_{12} - n_{11}) d_1 = (M + 1/2) \lambda$ (ここに M は任意の整数、 λ は光の波長)

を満足するように複屈折材料を研磨する工程と、前記複屈折材料に第 1 の光学素子に達する深さで一定間隔を有する複数個の第 1 の溝を形成する工程と、第 2 の光学素子に前記第 1 の溝の深さとほぼ同一の深さで一定間隔を有する複数個の第 2 の溝を形成する工程と、前記第 1 の溝を形成した部材と前記第 2 の溝を形成した部材のそれぞれの凹凸部を第 2 の接着剤を介して嵌合させ接合する工程とからなることを特徴とする回折格子型偏光子の製造方法。

【請求項 4】 請求項 3 記載の回折格子型偏光子に於いて第 1 の光学素子及び第 2 の光学素子の双方が同一材質の光学ガラスであり且つ複屈折材料が水晶であることを特徴とする請求項 3 記載の回折格子型偏光子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、従来の偏光子に代わる量産性に優れた回折格子型偏光子及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術及び発明が解決しようとする課題】 従来、偏光子としては次のような種々のものが知られている。

【0003】 (1) いわゆるポライロイド板と呼ばれる

二色性偏光子： このタイプの偏光子は、消光比が低く損失が大きいため、光アイソレータのような精密な光部品には使用するのが困難であった。

【0004】 (2) 複屈折結晶を用いた偏光プリズム： このタイプの偏光子は、水晶、方解石、フッ化マグネシウムなどの複屈折性の材料を用い、それらを結晶軸に対して所定の角度で切り出してプリズム状に加工しなければならないため、材料コストが高く且つ製造が容易でなかった。

【0005】 (3) 複屈折結晶板： このタイプの偏光子は、一方の偏光のビームを位置ずれさせることにより 1 つの偏光を選択する機能を有するもので、平行ビーム系で使用するには板厚を厚くする必要があり、薄型にすることが困難であった。

【0006】 (4) 偏光ガラス： このタイプの偏光子は、特性が優れており又薄型にもできるが、製作が難しく高価であった。

【0007】 一方、上述の偏光子に代わるものとして、小形で量産性が高いことを特徴とする複屈折性回折格子型偏光子が知られている。

【0008】 (5) 複屈折性回折格子型偏光子： このタイプの偏光子は、偏光による回折効率の違いを利用して光路を分離するものであり、以下のものが知られている。

【0009】 (5-1) 特開昭 63-55501 によるもの： ニオブ酸リチウムにプロトンイオン交換を施すことにより回折格子を形成した偏光子である。しかしながら、この偏光子は、回折格子を形成するニオブ酸リチウムの単結晶基板が高価なため安価に製造することができないという問題や、偏光の位相差を高精度で制御することが困難なため再現性良く安定的に製造することができないという問題があった。

【0010】 (5-2) 特開平 2-156205 号によるもの： 光学異方性を持つ結晶板の主面に設けた周期的な溝の底に誘電体層を設けた偏光子である。しかしながら、この偏光子は、安価に製造することはできるが、溝の深さ及び誘電体層の厚さを精密に制御することが困難なため、偏光の位相差を高精度で制御することができず、(51)と同様に再現性良く安定的に製造することができなかった。

【0011】 (5-3) 特開平 6-308326 号によるもの： 本発明者による (5-2) の偏光子の改良発明である。この偏光子は、図 6 に示したように光学素子 10 の上面に接合された均一な厚さの複屈折材料 1 に対して光学素子 10 へ貫通する溝加工を施し、その後、この溝を接着性充填剤 12 で埋めたものであるから、溝の深さにかかわらず複屈折材料 1 の厚さを一定にすることができる。従って、溝の深さの精度に対する偏光子の性能の依存性が排除されている。

【0012】 しかしながら、この偏光子の場合、その性

能に溝に充填された接着性充填剤の屈折率に依存するため、一定の性能を有する偏光子を安定的に製造するためには接着性充填剤の混合比（接着性充填剤の成分である混合物の混合比）及び硬化条件等を一定に管理する必要があり、その管理が容易でなかった。又、この偏光子には次のような問題点もあった。

【0013】（1）所望の性能を有する偏光子を得るためには、接着性充填剤の屈折率を高精度で調整する必要があり、その調整の精度が良くなかった。例えば特公昭63-28448に示されているエポキシ樹脂硬化物の屈折率調整方法に於いては、屈折率の調整可能な精度は0.001程度である。

【0014】（2）硬化前に硬化後の屈折率を正確に予想することが困難なため、偏向子の設計効率が良くなかった（相当回数の、試作が必要だった）。

【0015】（3）接着性充填剤が樹脂材料であるため、耐環境性が悪く経時的に接着性充填剤の屈折率が変化し、偏光子の性能が低下（消光比の低下）することがあった。

【0016】そこで、本発明は（53）の偏光子に於ける接着性充填剤に依存する上記問題点を改善し、製造管理及び設計が容易で、経時的な性能の安定性の高い回折格子型偏光子及びその製造方法を提供することを目的とする。

【0017】

【課題を解決するための手段】請求項1記載の回折格子型偏光子は、第1の光学素子、複屈折材料、第2の光学素子とがこの順で接着層を介して接合されている第1の領域と、第1の光学素子、第2の光学素子とが接着層を介して接合されている第2の領域とからなり、且つ前記第1の領域、第2の領域を構成する第1の光学素子の屈折率 n_{11} 、第2の光学素子の屈折率 n_{12} 、複屈折材料の2つの固有の直線偏光に対する屈折率 n_{11} 、 n_{12} 、及び複屈折材料の厚さ d_1 が、

$(n_{12} - n_{11}) d_1 = (M + 1/2) \lambda$ （ここにMは任意の整数、 λ は光の波長）

及び

$$n_{11} = n_{12} = n_{13}$$

をほぼ満足すること特徴とするものである。

【0018】請求項2記載の回折格子型偏光子は、請求項1記載の回折格子型偏光子に於いて第1の光学素子及び第2の光学素子の双方が同一材質の光学ガラスであり且つ複屈折材料が水晶であることを特徴とするものである。

【0019】請求項3記載の回折格子型偏光子の製造方法は、2つの固有の直線偏光に対する屈折率 n_{11} 、 n_{12} を有する複屈折材料と、 n_{11} とほぼ同一の屈折率 n_{11} を有する第1の光学素子を、第1の接着剤を介して接合する工程と、前記接合前もしくは接合後に屈折率 n_{12} を有する前記複屈折材料と、 n_{11} とほぼ同一の屈折率 n_{12}

を有する第2の光学素子に於いて、複屈折材料の厚さ d_1 が

$(n_{12} - n_{11}) d_1 = (M + 1/2) \lambda$ （ここにMは任意の整数、 λ は光の波長）

を満足するように複屈折材料を研磨する工程と、前記複屈折材料に第1の光学素子に達する深さで一定間隔を有する複数個の第1の溝を形成する工程と、第2の光学素子に前記第1の溝の深さとほぼ同一の深さで一定間隔を有する複数個の第2の溝を形成する工程と、前記第1の溝を形成した部材と前記第2の溝を形成した部材のそれぞれの凹凸部を第2の接着剤を介在して嵌合させ接合する工程とからなることを特徴とするものである。請求項4記載の回折格子型偏光子の製造方法は、請求項3記載の回折格子型偏光子に於いて第1の光学素子及び第2の光学素子の双方が同一材質の光学ガラスであり且つ複屈折材料が水晶であることを特徴とするものである。

【0020】

【作用】請求項1記載の回折格子型偏光子について、回折格子型偏光子の動作原理と合わせて説明する。

【0021】図1のように第1の領域8と第2の領域9を有する偏光子に於いて第1の領域8を透過する光と第2の領域9を透過する光の位相差を ϕ とすると0次回折光の強度、すなわち直進する光の透過率Tは偏光子の厚さが充分薄い場合、次の近似式で与えられる。

$$【0022】 T = \cos^2(\phi/2)$$

ここで、2つの直交する直線偏光の一方の直線偏光に対する位相差を ϕ_1 、透過率をT1、他方の直線偏光に対する位相差を ϕ_2 、透過率をT2とすれば、T1がほぼ1（ ϕ_1 がほぼ0deg）で、T2がほぼ0（ ϕ_2 がほぼ180deg）の場合に偏光子として動作する。通常、T1の制御は比較的容易なため、T2を制御する精度が問題となる。

【0023】つまり、消光比T2/T1の値を小さい場合に、偏光子として動作する。従って、T1がほぼ1とすれば、T2の値が0に近づくように ϕ_2 の値を高精度で制御しなければならない。例えば消光比を0.0005以下にするためには ϕ_2 が 180 ± 2.6 degとなるように制御する必要がある。

【0024】一方、本発明の回折格子型偏光子に於いては、第1の領域を構成する複屈折材料（厚さ d_1 ）の屈折率 n_{11} 、 n_{12} と第2の領域を構成する第2の光学素子の屈折率 n_{12} の差によって上述の位相差 ϕ が生じさせている。

【0025】請求項1記載の回折格子型偏光子によれば、第1の光学素子の屈折率 n_{11} と第2の光学素子の屈折率 n_{12} がほぼ同一で、接合層による影響が小さい（接合層の厚さが薄いためその影響が小さい）ため、 ϕ_1 、 ϕ_2 は次の式で与えられる。

【0026】

$$\phi_1 = \{360 \text{ deg} \times (n_{11} - n_{12}) d_1\} / \lambda$$

$\phi 2 = \{360 \text{ deg} \times (n_{\text{w}} - n_{\text{z}}) d_1\} / \lambda$
 ここで、複屈折材料の屈折率 n_{w} と第2の光学素子の屈折率 n_{z} をほぼ同一にすれば、 $\phi 1$ については、特に制御を必要としない。 $\phi 2$ については、複屈折材料の屈折率 n_{w} と第2の光学素子の屈折率 n_{z} はその材質によって定まるため、複屈折材料の厚さ d_1 を精度良く製作するだけで $\phi 2$ を高精度で制御することができる。

【0027】又、製作前に、第2の光学素子の屈折率 n_{z} と複屈折材料の一方の屈折率 n_{w} とを精密に測定できるので、偏光子の設計（複屈折材料の厚さ d_1 の設定等）及び位相差 $\phi 2$ の制御が容易となる。

【0028】請求項2記載の回折格子型偏光子によれば、第1の光学素子と第2の光学素子の双方が同一材質の光学ガラスを用いたことにより、より精密（実用レベルで ± 0.0002 の精度）な屈折率の制御が可能となる。又、光学ガラスの屈折率は、水晶の屈折率と一致させ易いため、 $\phi 1$ が 0 deg になるように光学ガラスの屈折率を制御することが、より容易となる。更に、光学ガラス及び水晶は耐環境性も優れているため、経時的に屈折率が変化し偏光子の性能が低下（消光比の低下）することがほとんどない。

【0029】請求項3記載の回折格子型偏光子の製造方法によれば、請求項1記載の回折格子型偏光子を、再現性良く安定的に製造することができる。

【0030】請求項4記載の回折格子型偏光子の製造方法によれば、請求項2記載の回折格子型偏光子を、再現性良く安定的に製造することができる。

【0031】

【実施例】本実施例の偏光子について、その製造工程に従って図面を参照して説明する。

【0032】工程1：2つの固有の直線偏光に対する屈折率 n_{w} 、 n_{z} を有する複屈折材料と、 n_{w} とほぼ同一の屈折率 n_{w} 、 n_{z} を有する第1の光学素子、第2の光学素子を用意する。この複屈折材料を、

$(n_{\text{w}} - n_{\text{z}}) d_1 = (M + 1/2) \lambda$ （ここに M は任意の整数、 λ は光の波長）
 を満足する厚さ d_1 になるように均一な厚さに研磨する。

【0033】工程2：図2に示したように、屈折率 n_{w} の第1の光学素子3と複屈折材料1を接着剤（第1の接着層2を形成する）を用いて接合する。工程1で行った、複屈折材料1を所定の厚さへ研磨する工程は、本工程（接合工程）の後に行っても良い。

【0034】工程3：図3のように、ダイシングソーや外周切断機等により複屈折材料1に間隔 w_1 で幅 w_2 の第1の溝6を複数個形成する。ここで、 w_1 は w_2 よりわずかに狭くすることが好ましい。又、第1の溝6の深さを複屈折材料1を貫通して第1の光学素子3に達するように定める。この工程で除去されなかった複屈折材料1の厚さは、第1の溝6の深さにかかわらず常に一定と

なる。

【0035】工程4：工程3とは別に、図4に示したように、複屈折材料1の一方の屈折率 n_{w} とほぼ同一の屈折率 n_{z} を有する第2の光学素子4に、ダイシングソーや外周切断機等により工程3で形成した第1の溝と同一形状（溝の間隔、幅、深さが同一）の第2の溝7を形成する。

【0036】工程5：図5に示したように、工程3で作製した第1の光学素子3、複屈折材料1及び第1の接着層2からなる部分（図3）と、工程4で作製した第2の光学素子4からなる部分（図4）にそれぞれ設けられている凹凸部分を、接着剤（第2の接着層5を形成する）を介在して嵌合させ接合する。

【0037】このようにして得られた偏光子は、2つの固有の直線偏光に対し次のように動作する。尚、ここで接着層の厚さは十分に薄く無視できるものとする。

【0038】（1） n_{w} に対する直線偏光
 複屈折材料1の一方の屈折率 n_{w} と第1の光学素子3、第2の光学素子4の屈折率 n_{w} 、 n_{z} はほぼ同じ屈折率であり、領域1と領域2を通過する光の位相差 $\phi 1$ はほぼ 0 deg となり光は回折せず損失なく直進する。

【0039】（2） n_{z} に対する直線偏光
 複屈折材料1の一方の屈折率 n_{z} と第2の光学素子4の屈折率 n_{z} は、

$(n_{\text{w}} - n_{\text{z}}) d_1 = (M + 1/2) \lambda$ （ここに M は任意の整数、 λ は光の波長）

をほぼ満足しているため、領域1と領域2とを通過する光の位相差 $\phi 2$ はほぼ 180 deg となり光は回折する。

【0040】ここで、複屈折材料としては透明な複屈折材料であればあらゆるものを使用することができる。代表的な材料として水晶、方解石、サファイア、ADP、KDP、ルチルなどがあるが、特に安価で加工が容易な水晶は、本発明の複屈折材料として好適である。

【0041】第1の光学素子、第2の光学素子としては透明な等方性材料であればあらゆるものを使用できるが、屈折率を高精度で制御することができる光学ガラスを使用することが好ましい。又、第1の光学素子と第2の光学素子は屈折率が同一であれば材質は異なってもよいが、同一の材質であることが好ましい。

【0042】又、複屈折材料として水晶を使用し、第1の光学素子、第2の光学素子として同一材質の光学ガラスを使用すれば、光学ガラスの屈折率 n_{w} 、 n_{z} は、水晶の一方の屈折率 n_{w} に一致させ易いため位相差 ϕ を 0 deg にすることがより容易となる。

【0043】第1の接着層と第2の接着層については厚さが十分薄ければ、接着層の屈折率は回折格子型偏光子の性能にほとんど影響しないが、第1の光学素子、第2の光学素子と接着層との境界部での光の散乱損失及び反射損失を低減するためには、接着層の屈折率と第1の光

光学素子及び第2の光学素子の屈折率が同一であることが望ましい。つまり、接着層の屈折率と第1の光学素子及び第2の光学素子の屈折率が異なる場合には、溝加工を施した凹部の面の粗さに応じた、散乱損失及び反射損失を生じるが、接着層の屈折率と第1の光学素子及び第2の光学素子の屈折率を同一にすれば、屈折率の異なる境界部が無くなるため散乱損失及び反射損失を抑制することができる。

【0044】次に、複屈折材料としてxカット水晶板を、第1の光学素子、第2の光学素子として材質FEL 10 1の光学ガラスを用いた場合について具体的数値を示し説明する。ここで、波長1550nmにおいて水晶の常光の屈折率は $n_{11} = 1.52781$ 、異常光の屈折率は $n_{12} = 1.53630$ 、FEL1の屈折率は $n_{11} = n_{12} = 1.52854$ であった。

【0045】まず、水晶板の厚さ d_1 が $100\mu m$ ($(n_{12} - n_{11}) d_1 = \lambda/2$ の関係式より算出した) となるように工程1の研磨処理を行った。

【0046】次に、接着剤としては屈折率が1.53のエポキシ樹脂を用いて水晶板と光学ガラスを接合する工程2の接合工程を行った。

【0047】続いて、 w_1 、 w_2 を約 $100\mu m$ 、溝の深さを約 $150\mu m$ として工程3と工程4の溝加工を行った。

【0048】最後に、工程2で用いたものと同じ接着剤(屈折率が1.53のエポキシ樹脂)を用いて工程5の接合工程を行った。

【0049】このようにして作製した回折格子型偏光子の光学特性を評価したところ、消光比0.0001の優れた特性が得られた。

【0050】尚、光学ガラスの屈折率はロットにより多少のばらつきがあるため、ロットごとに屈折率を測定し、測定した光学ガラスの屈折率に応じて複屈折材料の厚さ d_1 を決定するのが望ましい。更に、上記実施例では、 $(n_{12} - n_{11}) d_1 = (M + 1/2) \lambda$ の式で、 $M = 0$ としたが、通常 $n_{12} > n_{11}$ の場合は $M = 0$ 、 $n_{12} < n_{11}$ の場合は $M = -1$ とすることが望ましく、この場合、動作する波長帯域が最も広くなる。

【0051】

【発明の効果】本発明は、上述のとおり構成されているので、次に記載する効果を奏する。

【0052】(1)複屈折材料の厚さだけを精度良く製作するだけで、特性の良い回折格子型偏光子を再現性良く安定的に製造することができる。

【0053】(2)製作前に、主要構成部材である光学素子及び複屈折材料の屈折率を精密に測定することができるため、回折格子型偏光子の設計及び位相差の制御が容易となる。

【0054】(3)主要構成部材として、耐環境性の優れた光学素子及び複屈折材料を使用しているため、経時的な変化により回折格子型偏光子の性能が低下することがほとんどない。

【0055】(4)光学素子として光学ガラス、複屈折材料として水晶を用いれば、回折格子型偏光子の設計及び位相差の制御がより容易となる。又、耐環境性もより向上する。

【図面の簡単な説明】

【図1】回折格子型偏光子の動作原理を示す説明図である。

【図2】本発明の偏光子の製造例の工程2を示す断面図である。

【図3】本発明の偏光子の製造例の工程3を示す断面図である。

【図4】本発明の偏光子の製造例の工程4を示す断面図である。

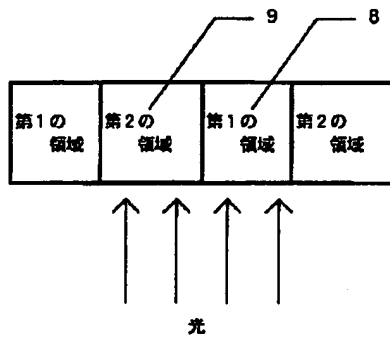
【図5】本発明の偏光子の製造例の工程5を示す断面図である。

【図6】従来の偏光子を示す断面図である。

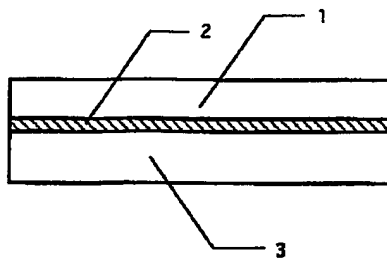
【符号の説明】

- 1 複屈折材料
- 2 第1の接着層
- 3 第1の光学素子
- 4 第2の光学素子
- 5 第2の接着層
- 6 第1の溝
- 7 第2の溝
- 8 第1の領域
- 9 第2の領域
- 10 光学素子
- 11 接着剤
- 12 接着性充填剤

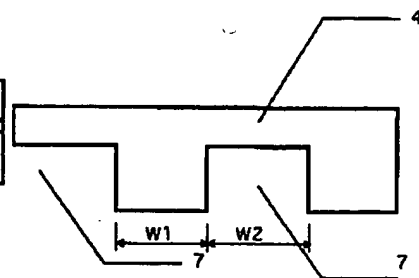
【図1】



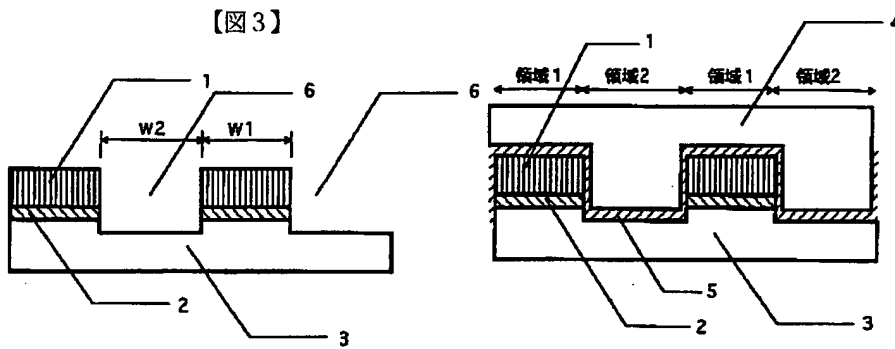
【図2】



【図4】



【図5】



【図6】

